УДК 51: 101.8
DOI: 10.15372/PS20240504
EDN: OCYHIE

В.М. Резников

АНАЛИЗ И МОДИФИКАЦИЯ КРИТЕРИЯ КАНТА О НАСТОЯЩЕЙ НАУКЕ

В современной науке известное утверждение Канта о том, что степень научности дисциплины определяется объемом используемой в ней математики, имеет статус практически нормативного критерия научности. Основная цель работы состоит в верификации обоснованности этого критерия. Я исследую критерий Канта с прагматических позиций. С прагматической точки зрения базовый элемент критерия Канта – это универсальность математики в контексте решения различных проблем в любых областях знания. Одним из возможных следствий универсальности является такое условное утверждение: если физика следует математическому стилю, то это приводит к прогрессу в познании. Однако из истории физики известно, что аксиоматизация квантовой физики фон Неймана не была принята физиками. Используя этот и др. примеры, я опровергаю гипотезу об универсальности математики. В заключение я предлагаю некоторую модификацию критерия Канта.

Ключевые слова: Аристотель; Галилей; Гельфанд; Эйнштейн; наука; математика; физика; аксиоматика.

V.M. Reznikov

ANALYSIS AND MODIFICATION OF KANT’S CRITERIA OF TRUE SCIENCE

In contemporary science, Kant’s well-known statement that the degree of scientificity of a discipline grow up together with the increase in the volume of mathematics used in it has the status of a practically normative criteria of scientific rigour. The main aim of the article consists in verification of validity of the criterion. I research Kant’s criterion from pragmatic positions. From a pragmatic point of view the basic element of the Kant’s criterion is universality of mathematics in the context of solving the different problems in any knowledge fields. One of the possible consequences of universality is the following conditional statement: if physics follows a mathematical style, then this leads to progress in knowledge. However from of the history of physics it is known that von Neumann’s axiomatics of quantum physics wasn’t accepted by physicists. Using this and other examples I refute hypothesis about mathematical universality. In conclusion I propose some modification of Kant’s criterion.

Keywords: Aristotle; Galileo; Gelfand; Einstein; science; mathematics; physics; axiomatic

Предсказания даже гениальных мыслителей по вопросам развития научного знания далеко не всегда оказывались правильными. В частности, известны рассуждения Канта, в которых он обосновывает, что невозможно превзойти физику Ньютона, геометрию Эвклида, а также отрицает значимость для науки понятия вероятности. Однако вопреки его предсказаниям, физика Ньютона оказывается частным случаем общей теории относительности Эйнштейна; геометрия Эвклида после открытия Лобачевским неэвклидовой геометрии является одной из возможных геометрических дисциплин; и вопреки отвержению Кантом понятия вероятности, последнее оказывается значимым для современной науки и философии. Однако некоторые предвидения Канта, в частности его предсказание о статусе математики в научном исследовании оказывается безукоризненно точным.

Так, согласно критерию научности Канта, некоторая дисциплина, в области естествознания оказывается научной в зависимости от объема используемой в ней математики. Кант писал: «И так как во всяком учении о природе, науки в собственном смысле имеется лишь столько, сколько имеется в ней априорного познания, то учение о природе будет содержать науку в собственном смысле лишь в той мере, в какой может быть применена в ней математика» [4, с. 252]. Интересно, что критерий Канта в современной науке принят почти без ограничений на специфику науки и характера решаемых проблем, т.е. по сути, он имеет универсальный характер. Кант был не единственным последователем универсальности математики, другими безоговорочными сторонниками ее универсальности являлись пифагорейцы, а также платоники, последние, как правило, были последователями пифагорейцев. Отметим, что многие философы, как до Канта, так и после его ухода, не поддерживали идею универсальности математики. Приведем в качестве примера, некоторых известных математиков и философов, которые не были приверженцами универсальности математических методов, среди них отметим Аристотеля, Г. Галилея, И.М. Гельфанда. Теперь предположим, что утверждение Канта без ограничений и оговорок является верным, и теперь на его основании будем выводить следствия и исследовать их основательность с целью верификации состоятельности этой идеи Канта. С прагматической точки зрения идею Канта о значимости математики для других наук, будем интерпретировать, как универсальность математического метода по отношению решения любых проблем в этих науках. Теперь приведем некоторые следствия, вытекающие из предположения об универсальности математического метода.

Во-первых, тогда самой совершенной наукой является математика.

Во-вторых, математика оказывается универсальным методом решения проблем во всех областях знания. Сначала кратко опишем аргументы сторонников Канта по вопросу универсальности математики. Очевидно, что для пифагорейцев математика являлась базовым методом познания. Большинство платоников разделяли взгляды пифагорейцев по вопросу значимости математического метода познания. Теперь приведем аргументацию мыслителей и ученых, которые, по крайней мере, неполностью разделяли позицию Канта по обсуждаемому нами вопросу. Так, Стагирит писал: «А математической точности нужно требовать не для всех предметов, а лишь для нематериальных. Вот почему этот способ не подходит для рассуждающего о природе, ибо вся природа, можно сказать, материальна» [1, с. 49]. Заслуживает внимания позиция Галилея. Как известно, Галилей одним из первых догадался о роли экспериментов в физике, однако у него не было необходимых точных инструментов для реализации требуемых испытаний, например, секундомера для измерения небольших интервалов времени. Невозможность проведения полноценных испытаний и понимание, что несовершенные испытания дискредитируют физику, явились стимулом для открытия им мысленных экспериментов. Таким образом, им была спасена репутация физической науки. Менее известна роль Галилея в практике применения математических методов в естественных науках. Галилей понял, что математический подход является мощным, но не неполностью универсальным. Вот как пишет об этом современный философ Селици: «Суть философской революции Галилея состоит в том, что ученые не обязаны понимать истину и внутреннюю сущность естественных феноменов, а скорее должны ограничить себя исследованием некоторых их свойств математического характера» [6, p. 100]. Теперь обратимся к рассуждениям известного математика Гельфанда о роли математики в различных областях знания. В выступлении Гельфанда, по случаю получения им престижной премии Киото, были затронуты проблемы взаимоотношения математики с другими науками. Обсуждая проблемы, стоящие перед человечеством, он объяснял, что математика оказывается успешной наукой при решении различных проблем в области физики, техники. По Гельфанду это проблемы, решаемые левым полушарием, в тоже время этические проблемы и др. гуманитарные проблемы связаны с правым полушарием, и с этими проблемами математика пока не столь успешно справляется [2].

В-третьих, как известно, Кант выделял механику в качестве подлинно научной дисциплины, так как ее развитие опиралось на использование математического аппарата [4]. Поэтому вполне естественно предположить, что следование математическому стилю может быть значимым фактором для прогресса в области физики. Отметим, что современные математические науки, как правило, представлены в аксиоматической форме. Из истории современной физики известны неоднократные попытки формализации физических дисциплин. Так, известный математик и физик Джон фон Нейман построил аксиоматическую систему квантовой физики. Однако его работа в основном являлась достижением в области математики, а не физики. Физики практически не использовали аксиоматику Неймана, так как, по мнению ее автора для физики представляет интерес более мягкая аксиоматика [8, с. 4]. Патрик Суппес, известный специалист в области философии, обладавший солидной подготовкой в области математики и физики, предложил новые принципы построения аксиоматических систем в физике. Он построил аксиоматику, как некоторых классических, так и современных разделов физики, однако аксиоматизация физики не привела к новым выдающимся достижениям в физических науках.

В-четвертых, опираясь на утверждение Канта, естественно предположить, что увеличение объема используемой математики в работах физиков, приводило к их новым достижениям. В качестве примера обратимся к творчеству А. Эйнштейна. Известно, что в исследованиях Эйнштейна в области частной теории относительности, общей теории относительности, использовался математический аппарат. В этих исследованиях были получены выдающиеся достижения, однако в основном математика использовалась для формулирования окончательных результатов. Однако исследование Эйнштейна по построению общей теории поля в США, после эмиграции из Германии, осуществлялось вне привычного физического сообщества. У него не было поддержки со стороны физиков-экспериментаторов, которые могли бы разобраться в его теории, и сформулировать экспериментально проверяемые следствия его теории, и провести необходимые экспериментальные исследования с целью верификации теории поля. Поэтому он мог опираться только на умозрительные и формальные подходы для построения единой теории поля. Как известно, опора на математику не привела к построению общей теории физики, что косвенно свидетельствует, о том, что увеличение объема используемой математики, не всегда приводит к прогрессу знания.

В-пятых, еще одно следствие идеи универсальности состоит в том, увеличение объема используемой математики, не только в физике, но и в других науках, например, в технике, медицине, экономике и др. оказывает положительное влияние на прогресс в этих дисциплинах. Обратимся к медицине, известно, что разработаны компьютерные программы, которые с большой вероятностью осуществляют правильную диагностику многих заболеваний в разных разделах медицины. Оказывают ли достижения в области диагностики положительное влияние на практическую медицину? Так, в области хирургии врачи не используют компьютерную диагностику, так как хирурги, проводящие операции, предпочитают проводить диагностику самостоятельно или совместно с другими коллегами. Теперь обратимся к психиатрии, в этой области медицины внедрение компьютерной диагностики привело к минимизации нормативного времени для работы с пациентами. Уменьшение времени на непосредственные контакты с пациентом затрудняет понимание его болезни, что приводит к менее эффективному лечению.

В-шестых, отметим, что увеличение объема используемой математики в некоторых технических дисциплинах, не приводило к прогрессу. Так, например, автоматизация и формализация знания в области управления техническими объектами, оказалась неудачной. В результате внедрения обширного математического аппарата, эта техническая наука, по сути, стала прикладной математикой, неадекватной для приложений, и практически не используется в приложениях.

В-седьмых, вполне естественно судить об эффективности применения математического аппарата на основе эффективности наиболее популярной в приложениях математической дисциплины. Пальма первенства по популярности приложений принадлежит прикладной математической статистике. Теперь обратимся не к Канту, а к другому классику Рене Декарту, который считал, что значимые результаты в науке достигаются на основе методов, причем согласно Декарту их применение основано на несложных правилах. Декарт писал: «Под методом же я разумею достоверные и легкие правила, строго соблюдая которые человек никогда не примет ничего ложного за истинное и, не затрачивая напрасно никакого усилия ума, но постоянно шаг за шагом приумножая знание, придет к истинному познанию всего того, что он будет способен познать» [3, с. 86]. По-видимому, у Канта не было рассуждений, обосновывающих, что применение научных методов не предполагает преодоления значительных трудностей. Однако сложно предположить, что Кант не принял бы идею Декарта о том, что применение научных методов не требует сверх усилий, в противном случае, зачем тогда нужны научные подходы? Для оценивания адекватности идеи Декарта о том, что применение формальных методов не является сложной проблемой, обратимся к разделу проверки статистических гипотез математической статистики. Отметим, что это направление статистики не является типичной дедуктивной дисциплиной. В чем состоит необычность этого направления? Дело в том, что этот раздел формальной дисциплины не полностью вписывается в дедуктивные науки. Действительно, в дедуктивных науках объем информации в заключение не превышает объема знаний в посылках. В разделе проверки статистических гипотез ситуация иная, исследование начинается с эмпирических данных, например, с массива измерений некоторых величин, а в результате получаем закономерности более теоретического характера. Эти закономерности включают законы распределений случайных величин и независимость случайных величин. Несколько слов о методологии исследований распределений. Сначала на основе данных и возможно доступной априорной информации о предполагаемом распределении с помощью гистограмм или специальных функций формируется гипотеза о законе распределения случайных величин. Далее осуществляется проверка соответствия гипотетического распределения изучаемым данным. Начнем с терминологии, корректнее говорить не о верификации, а о попытке фальсификации гипотез, так как в результате гипотеза фальсифицируется или она не будет фальсифицирована. Теперь несколько слов об основаниях фальсификации гипотез о соответствие распределений данным. Фальсификация основана на принципе вероятностной контрапозиции, а именно: из А следует В с ничтожной вероятностью, однако В, следовательно не А, и гипотеза отвергается. Кратко это можно записать так:

$$A \to B \text{ с ничтожной вероятностью, } B \to \neg A.$$

Принцип вероятностной фальсификации реализуется путем апелляции к ничтожным вероятностям, при этом, пользователь сам определяет, какое значение вероятности считать ничтожным в проводимых испытаниях. Отметим, что во многих сферах деятельности апелляция к событиям с ничтожными вероятностями не считается надежной, за исключением случая, когда вероятности этих событий определяются на основе теорий. Если эти вероятности не могут быть вычислены на основе теорий, тогда их эмпирическое определение требует проведения многочисленных экспериментов, что далеко не всегда осуществляется на практике.

Имеет смысл напомнить, что использование незначительных вероятностей несвободно от вероятностных парадоксов. В качестве примера приведу типичный парадокс для событий с ничтожными вероятностями. Если Джон американец, то чрезвычайно маловероятно, что он президент США. Однако он президент США, тогда по принципу вероятностной контрапозиции, гипотеза о том, что Джон – американец опровергается.

После того, как гипотеза сформулирована, ее практическая проверка о соответствие гипотетического распределения данным осуществляется с помощью, так называемых, критериев согласия. Для каждого известного распределения построены собственные критерии согласия, однако существуют и общие критерии, самым универсальным является критерий Пирсона хи-квадрат, он подходит для проверки как дискретных, так и непрерывных распределений [5]. В своем критерии Пирсон строит меру различия между теоретическими и гипотетическими распределениями, если мера принимает большое значение, то гипотеза опровергается. Слабым звеном критерия Пирсона является то, что мера определяется для исследуемых данных, разбитых на интервалы. Дело в том, что если мощность множества данных равна бесконечности, тогда любое группирование данных оказывается допустимым. Однако в случае конечного множества данных, значение статистики критерия зависит от группирования данных. Так, логически допустимо, что при одном группировании данных гипотеза не отвергается, а при другом она отвергается, и проблема состоит в том, что в статистике не существует понятия объективного группирования.

От анализа верификации распределений прейдем к верификации независимости исследуемых данных. Как известно, в теории вероятностей нет специальных средств, предназначенных для определения неизвестных вероятностей, последние либо известны априори, или задаются на основе симметрии. Так, на основе известных вероятностей, для произвольного числа n событий $A_1, A_2, \ldots, A_n$, их независимость определяется следующим образом, [7]:

$$P(A_{i1}A_{i2}A_{i3}\ldots A_{im})=P(A_{i1})\times P(A_{i2})\times P(A_{i3})\times\ldots\times P(A_{im})$$

$$m=1, 2,\ldots,n;\ \ 1\le i_1<i_2<i_3<\ldots<i_m\le n$$

Верификация независимости оказывается весьма трудоемкой, легко подсчитать, что для проверки независимости n событий, общее число проверяемых комбинаций вероятностей равно 2^n-n-1, а чтобы их осуществить, необходимо знать 2^n -1 вероятностей. Теперь перейдем к верификации независимости в математической статистике, как наиболее популярной в приложениях дисциплине.

Как известно, в математической статистике нет унифицированного способа по определению независимости, и проверка независимости носит контекстуальный характер. Так, например, если две случайные величины имеют нормальное распределение, то для проверки линейной связи или ее отсутствия (независимости) уместно использовать коэффициент корреляции. В общем случае если две случайные величины имеют произвольное общее известное распределение, тогда для верификации их независимости адекватны таблицы сопряженности на основе критерия Пирсона хи-квадрат [5]. Однако с помощью таблиц сопряженности проверяют независимость для двух случайных величин, представленными двумя группами данных, например, описывающих количество членов семьи и их доход. Однако таблицы сопряженности не являются универсальными, так они не подходят для верификации независимости результатов некоторых вполне естественных экспериментов. Предположим, что эксперимент заключается в бросании монеты, результатом которого является последовательность нулей и единиц, где герб представлен нулем, а решка единицей. В данном случае таблицы сопряженности не подходят, так как результаты эксперимента описываются не двумя, а одной случайной величиной. Заметим, что для анализа независимости одной случайной величины используется эмпирическая проверка независимости. Так, в случае трех бросаний монеты, для проверки независимости выпадения герба необходимо убедиться, что безусловная частота появления герба равняется условным частотам выпадения герба, где в качестве условий рассматриваются семь комбинаций чисел в двоичной системе от 010 до 111 включительно.

Необходимо отметить, что определение распределений по данным оказывается сложной задачей, так как при получении новых данных, необходимо повторное определение распределения уже для всего массива данных. Наше замечание о трудоемкости верификации распределений еще в большей степени относится к независимости. Так, в случае сомнения в правильности выявленной независимости на основе ранее проведенных n испытаний, предполагаются новые испытания. Тогда при реализации n дополнительных экспериментов, верификация независимости должна быть осуществлена на основе данных, полученных в результате проведения всех 2n экспериментов. Таким образом, верификация независимости в случае большого числа испытаний тоже оказывается трудозатратной процедурой. Современные математики Г. Шейфер и В. Вовк писали о принципиально сложных проблемах верификации независимости в случае ее проверки для непрерывно продолжающихся экспериментов [9]. Мы показали, что как определение распределений по данным, так и верификация независимости для непрерывно продолжающихся испытаний, оказывается сложной и трудозатратной проблемой. Таким образом, идея Декарта о том, что применение научных методов в приложениях, оказывается несложной проблемой, не получает подтверждение в современной науке.

Заключение

Приведенные примеры свидетельствуют, о том, что не всегда математические подходы оказываются эффективными и универсальными. Так, для некоторых положений дел применение математических методов приводит к неадекватным, бесполезным, невостребованным и даже вредным результатам. В связи с этим, даже если согласиться с Кантом, в том, что научность дисциплины определяется объемом используемых в ней математических методов, то, последние, по крайней мере, должны быть адекватными для приложений. Полное описание требований к математике, адекватной для приложений, требует нескольких самостоятельных публикаций, посвященных проблеме адекватности. Поэтому для примера приведем несколько значимых требований. Так, сложность решения задачи по верификации применимости адекватных методов принципиально не должна превышать сложности решения проблем на основе этих методов. Решения задач на основе адекватных методов не должны противоречить респектабельным научным дисциплинам. Отметим, что приведенные требования не выполняются в разделе проверки гипотез классической математической статистики. По нашему мнению, использование большого объема математики не является единственной отличительной особенностью успешной дисциплины. Рассмотрим несколько успешных научных дисциплин, в которых используется большой объем математики. Бесспорно, что к таким наукам относятся: физика, прикладная статистика и искусственный интеллект. Отметим, что во всех этих науках используются общенаучные, философские понятия, например, понятие независимости. Так, в физике это инвариантность, в прикладной статистике это статистическая независимость, а в некоторых направлениях работ в области искусственного интеллекта используются причинные отношения. Однако в причинных отношениях всегда имеются независимые компоненты, так, в простейшем случае причина не зависит от следствия. Теперь сформулируем модифицированный критерий научности Канта, научность дисциплины в существенной степени прямо пропорциональна объему используемой в ней адекватной математики и обоснованной и адекватной философской компоненты. Два рассматриваемых в статье понятия, такие как: требования к адекватной для приложений математике и независимость различных положений дел предполагают их исследование в последующих публикациях.

Литература

1. *Аристотель.* Метафизика // Аристотель. Сочинения в четырех томах: Т. 1. М.: Мысль, 1976. С. 65–550.

2. *Гельфанд И.М.* Два архетипа в психологии человечества // Экология и жизнь. 2010. Т. 2. С. 8–15.

3. *Декарт Р.* Правила для руководства ума // Декарт Р. Сочинения в двух томах: Т. 1. М: Мысль, 1989. С. 77–153.

4. *Кант И.* Метафизические начала естествознания // Кант И. Собрание сочинений в восьми томах: Т. 4. М: Чоро, 1994. Т. 4. С. 247–372.

5. *Крамер Г.* Математические методы статистики. М: Мир, 1975.

6. *Cellucci C.* Rethinking Knowledge. The heuristic view. Springer International Publishing, 2017.

7. *Kolmogorov. A.N.* Foundations of the theory of probability. Chesia Publishing Company, 1956.

8. *Redei M., Stoltzner M.* Soft Axiomatisation: John von Neumann on Method and von Neumann's Method in the Physical Sciences // Intuition and axiomatic method / Ed. by E. Carson, R. Huber. Kluwer Academic Publishers, 2006. P. 235–249.

9. *Shafer G., Vovk V.* The Sources of Kolmogorov's Grundbegriffe // Statistical Science. 2006. Vol. 21(1). P. 70–98. DOI: 10.1214/088342305000000467.

References

1. *Aristotle.* (1976). Methafizika. [Methaphysics]. In Aristotle. Socineniya. V 4 t. [Works in 4 vol.], Vol. 1. Moscow, Mysl Publ. (In Russ.).

2. *Gelfand I.M*. (2010). Dva arxetipa v psixologii chelovechestva [Two archetypes in psychology of humanity] Ekologiya i zhizn [Ecology and life], 2, 8–15.

3. *Descartes R*. (1989). Pravila dlya rukovodstva uma [The rules for direction of the mind]. In: Descartes R. Socineniya. V 2 t. [Works in 2 vol.], Vol. 1. Moscow, Mysl Publ. (In Russ).

4. *Kant I*. (1994). Metafizicheskie nachala estestvoznaniya [Metaphysical Foundations of Natural Science]. In: Kant I. Socineniya. V 8 t. [Works in 8 vol.], Vol. 4. Moscow, Choro Publ. (In Russ).

5. *Cramer H*. (1975) *Matematicheskie metody statistiki* [Mathematical methods of statistics]. Moscow, Mir. (In Russ.).

6. *Cellucci C.* (2017). Rethinking Knowledge. The heuristic view. Springer International Publishing.

7. *Kolmogorov. A.N.* (1956). Foundations of the theory of probability. Chesia Publishing Company.

8. *Redei M., Stoltzner M.* (2006). Soft Axiomatisation: John von Neumann on Method and von Neumann's Method in the Physical Sciences. In: Carson, E., Huber, R. (Eds.) Intuition and axiomatic method. Kluwer Academic Publishers, 235–249.

9. *Shafer G., Vovk V.* (2006). The Sources of Kolmogorov's Grundbegriffe. Statistical Science, 21(1), 70–98. DOI 10.1214/088342305000000467.

Информация об авторе

Резников Владимир Моисеевич – кандидат философских наук, доцент, старший научный сотрудник, Института философии и права СО РАН (630090, г. Новосибирск, ул. Николаева 8); доцент кафедры логики и методологии науки Новосибирского исследовательского государственного университета (630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова 2)

mathphil1976@gmail.com

Information about the author

Reznikov Vladimir Moiseevich – Ph.D (Philosophy), associate professor, senior researcher of Institute of Philosophy and Law, SB RAS (8, Nikolaev st., Novosibirsk, 630090); associate professor of the Department of Logic and Methodology of Science at Novosibirsk National Research State University (2, Pirogov st., Novosibirsk, 630090, Russia)

Дата поступления: 12.11.2024